

# 含分布式光伏客户的无功补偿方案及 平均功率因数计算方法

邓得政

(国网天津市电力公司东丽供电分公司, 天津 东丽 300300)

**摘要:** 针对含分布式光伏客户功率因数较低导致功率因数调整电费过高的问题, 通过分析客户电气设备和电量数据, 找出了无功补偿缺失与计算方法不足2个原因, 并提出了无功补偿装置改造的具体方案和平均功率因数的改进计算方法, 提升了含分布式光伏客户的功率因数, 保证了功率因数考核的准确性和可靠性。

**关键词:** 分布式光伏; 功率因数; 无功补偿; 改进计算方法

中图分类号: TM727

DOI: 10.13882/j.cnki.ncdqh.2502A037

CSTR: 32400.14.ncdqh.2502A037

## Reactive Power Compensation Scheme and Improved Average Power Factor Calculation for Distributed Photovoltaic Users

DENG Dezheng

(Dongli Power Supply Branch of State Grid Tianjin Electric Power Company, Tianjin Dongli 300300, China)

**Abstract:** To address the issue of excessive electricity charges incurred by distributed photovoltaic (PV) users due to low power factors, this paper analyzes users' electrical equipment and electricity consumption data and identifies two main causes: the lack of reactive power compensation and deficiencies in the existing power factor calculation method. It proposes a targeted retrofit plan for reactive power compensation devices, along with an improved method for calculating the average power factor. These improvements enhance the power factor performance of distributed PV users and ensure greater accuracy and reliability in power factor assessments.

**Keywords:** distributed photovoltaic; power factor; reactive power compensation; improved calculation method

### 0 引言

随着双碳目标的不断推进, 越来越多的客户开始安装分布式光伏, 这给用电侧的服务和管理带来了许多新的挑战和问题, 含分布式光伏客户功率因数较低进而导致功率因数调整电费过高的问题就是其中之一。

为解决这一问题, 对安装分布式光伏客户的电气设备和电量数据进行了分析, 发现了含分布式光伏客户功率因数偏低的原因主要在于无功补偿缺失和平均功率因数计算方法不足2个方面, 并在此基础上提出了相应的改造方案和改进算法<sup>[1]</sup>。

### 1 无功补偿方案

分布式光伏并网电压一般为 220 V/380 V<sup>[2]</sup>, 并

收稿日期: 2025-02-22

网点通常设置在低压母线的末端, 其接线如图1所示。分布式光伏运行方式一般为自发自用、余电上

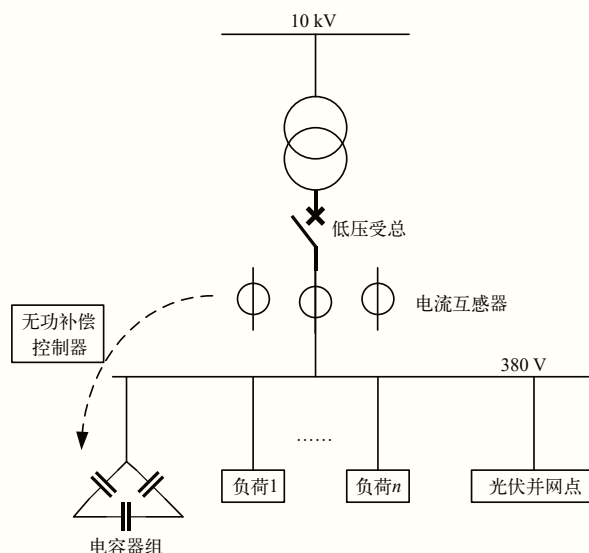


图1 含分布式光伏客户接线图

2025年第7期 总第458期

农村电气化

网，因此当分布式光伏出力大于客户自身负荷时，客户会通过系统并网点向电网反向输电。

基于用电信息采集系统，对含分布式光伏客户15 min 功率曲线进行分析，发现当客户向电网反向送电时，客户消耗无功功率增加，造成功率因数偏低，功率曲线见图2。

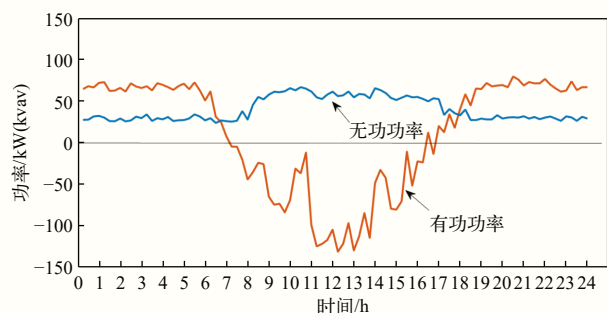


图2 含分布式光伏客户某日功率曲线

计量人员对客户电气设备进行了现场监测与分析，发现在光伏发电功率小于客户自身负荷时，安装在低压受总出线侧的无功补偿装置能够正常运行；当光伏发电功率超出客户自身负荷，即经变压器向系统反向送电时，无功补偿装置便退出运行，不再投入电容装置进行无功补偿。

客户安装的无功补偿控制器不能识别电流反向时的无功，当无功补偿电流互感器流过反向电流时，无功补偿控制器不起作用，这就导致了客户无功功率增加和功率因数偏低。

因此，只有让无功补偿装置正常运行，才能提高客户的功率因数，通过查阅相关资料文献，提出3条解决方案<sup>[3-5]</sup>。

### 1.1 更换四象限无功补偿控制器

普通无功补偿控制器只能在有功功率为正（正向用电）时才能计算出当前功率因数并对电容器组的投切进行控制，当有功功率为负（反向发电）时，普通无功补偿控制器无法得到当前的功率因数并发出投切指令。

四象限无功补偿控制器能同时测量正反2个方向的有功功率和无功功率，更换后，不论有功功率是正是负（正向用电、反向发电），补偿控制器都能计算当前的功率因数并准确下达电容器组的投切命令，以起到适当无功补偿的作用。

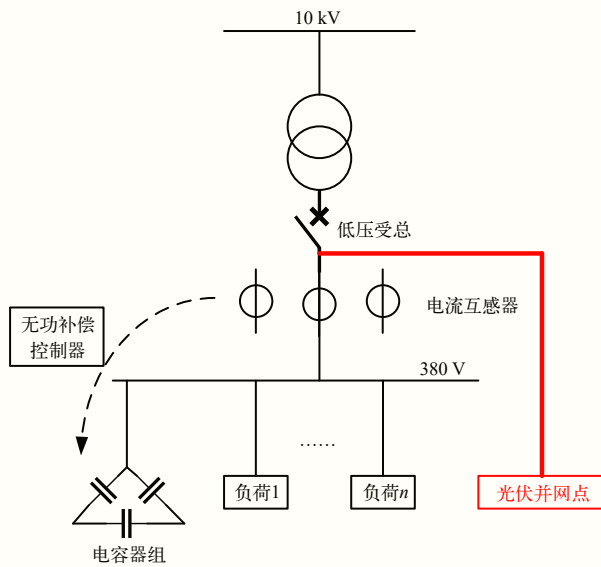


图3 更改光伏并网点示意图

### 1.2 改变分布式光伏的并网接入点

将光伏并网点前移至低压受总出线侧之后、无功补偿装置电流互感器之前的位置。这样就相当于电网和光伏放在一起给低压母线用电，所有用电负荷的电流都经过无功补偿装置的电流互感器，此时无功补偿装置按原来的方式正常工作就可以实现正常的无功补偿功能，见图3。

### 1.3 电流互感器组合接线

为了让原有无功补偿控制器正常工作，还可以在光伏并网点处加装一组电流互感器（方向以发电侧为正），将低压受总出线侧电流互感器的二次接线和光伏并网点处电流互感器的二次接线并在一起接入无功补偿控制器，如图4、图5所示。

此时接入无功补偿控制器的电流就是电网供电和光伏发电加在一次的电流，也就是全部用电负荷的电流，此时无功补偿装置也能按原来的方式正常工作就可以实现正常的无功补偿功能。

## 2 平均功率因数改进计算方法

某客户选择更换四象限无功补偿控制器的方案对无功补偿装置进行了改造，改造后，当光伏发电经变压器向系统反送电时，无功补偿装置正常运行，电容器正常投切，无功补偿良好。

改造后，客户的月平均功率因数由约0.67提升至约0.82，虽然有了明显提升，但是依旧达不到功率因数考核要求，而且与现场无功补偿控制器显示

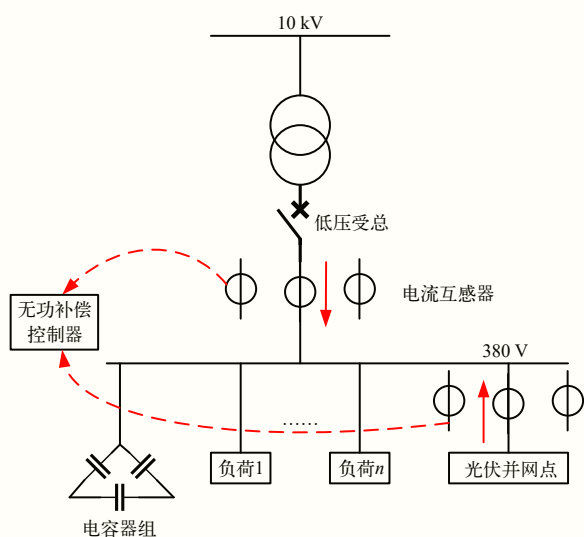


图4 光伏并网处安装电流互感器示意图

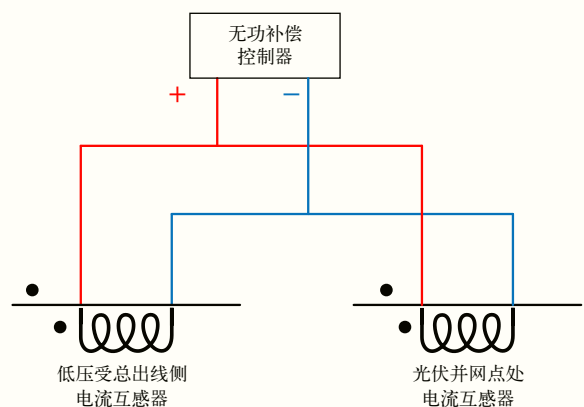


图5 电流互感器组合接线示意图

的实际功率因数 0.95 相差较大。为此，计量人员对客户的有功电量和无功电量进行了分析，当月正向有功电量为 874 kW·h，反向有功电量为 610 kW·h，正反向无功电量绝对值相加为 620 kvar，计算客户的月平均功率因数为 0.82。

客户平均功率因数通过该时间段内用户电能表计量的正向有功电量  $W_{p+}$ 、该时间段内用户电能表计量的正向无功电量和反向无功电量  $W_{Q+}$ 、 $W_{Q-}$  计算得出，而正反向无功则是由四象限无功其中的 2 个象限的无功相加求得<sup>[6]</sup>，其中：

$$W_{Q+} = W_{Q1} + W_{Q2} \quad (1)$$

$$W_{Q-} = W_{Q4} + W_{Q3} \quad (2)$$

式中： $W_{Q1}$ 、 $W_{Q4}$  分别为客户有功功率为正时的正反向无功电量； $W_{Q2}$ 、 $W_{Q3}$  分别为客户有功功率为负时的正反向无功电量。

通过公式可知，在计算客户平均功率因数时，四象限无功电量均被统计进去，但客户反向有功电量却并未计算进去。当客户为正常用电户时，反向有功电量为 0，这一计算方法没有问题，但当客户安装分布式光伏后，就可能会存在反向有功电量，此时这一计算方法就不能充分反映客户的功率因数。

基于此，提出了客户平均功率因数的改进计算方法，如式 (3) 所示：

$$\overline{\cos\varphi} = \frac{|W_{P+}| + |W_{P-}|}{\sqrt{(|W_{P+}| + |W_{P-}|)^2 + (|W_{Q+}| + |W_{Q-}|)^2}} \quad (3)$$

式中： $W_{P-}$  为用户电能表计量的反向有功电量。

按照式 (3) 对该户月平均功率因数进行计算，可得功率因数为 0.92，与现场无功补偿控制器显示的功率因数相差不大，符合实际情况。

可见，在计算含分布式光伏的客户的月平均功率因数时，应将反向有功电量计算进有功电量中。

### 3 结束语

文中对含分布式光伏客户功率因数较低的原因进行了分析，并提出了改造无功补偿装置的 3 个方案和月平均功率因数的改进计算方法，保证了无功补偿装置的正常运行，提升了客户的用电功率因数，保证了功率因数考核的准确性和可靠性，为解决供用电矛盾纠纷提供了一条切实可行的办法。

### 参考文献

- [1] 功率因数调整电费办法:水电财字第215号文件[A].
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.光伏发电系统接入配电网技术规定:GB/T 29319—2012[S].2012.
- [3] 郭松,王睿,张唯真,等.光伏发电并网对客户功率因数的影响研究[J].智能电网,2015(10):906-910.
- [4] 谢浩辉.并网型分布式光伏系统电量计量和无功补偿的研究分析[J].电工技术,2022(2):18-19,22.
- [5] 忻一豪,夏春辉,刘磊,等.对分布式光伏接入企业内网的无功补偿控制器采样改造的探讨[J].太阳能,2019(1):77-79.
- [6] 祝小红,周敏.电能计量[M].北京:中国电力出版社,2014:103-104.

### 作者简介

邓得政(1992—),男,硕士,高级工程师,高级技师,研究方向为电能计量与用电信息采集技术,E-mail:dezhen.deng@qq.com.

(责任编辑:张峰亮)